

Реализация указанных предложений не требует значительных капиталовложений и существенного изменения конструкции печи. Вместе с тем рекомендуемые мероприятия позволят расширить зону действия горелок более чем на 24 %, значительно улучшить газодинамику и теплообменные процессы в ДСП, повысить надежность элементов конструкции печи.

Результаты исследования и указанные в работе рекомендации могут быть использованы при создании новых технических единиц или же модернизации действующих печей с целью повышения их производительности и надежности.

### **Список использованных источников**

1. Гудим Ю. А., Зинуров И. Ю., Киселев А. Д. Производство стали в дуговых печах. Конструкции, технология, материалы: монография – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2010. 547 с.
2. Воронов Г. В., Гущин С. Н., Кокарев Н. И. Исследование взаимодействия струи компрессорного воздуха с поверхностью жидкой ванны // Теплотехника процессов выплавки стали и сплавов: межвузовский сборник. – Свердловск: изд. УПИ им. С.М. Кирова, 1980. Вып. 7. 188 с.
3. Лузгин В. П., Косырев К. Л., Комолова О. А. Энергетика применения альтернативных энергоносителей при плавке в дуговых сталеплавильных печах // Черные металлы. 2010. № 10. С. 8–12.

УДК 669.042

**А. П. Брусницын, Е. В. Киселев**

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
Институт материаловедения и металлургии,  
кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»,  
г. Екатеринбург, Россия

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ**

### **Аннотация**

*На машиностроительных предприятиях широко используются электрические печи сопротивления. В этих печах производится нагрев и термическая обработка, поэтому некоторые электрические печи обеспечивают технологический процесс в малоокислительной атмосфере рабочего пространства. Конструкции печей и особенности производства, зачастую, не позволяют эффективно расходовать электрическую энергию. В основном это происходит из-за массивной футеровки этих печей (350–400 мм), кроме того, из-за особенностей производства значительное количество энергии тратится на предварительный разогрев массивной кладки. Одной из распространенных конструкций печи, устанавливаемых в прокатных цехах, является камерная электрическая печь сопротивления.*

Как не раз рассчитано, что волокнистые материалы имеют большой коэффициент теплопроводности, который позволяет уменьшить потери тепла через кладку, поэтому можно использовать различные варианты волокнистых материалов.

### Abstract

At the machine-building enterprises are widely used by electric resistance. These furnaces are heating and heat treatment, therefore, some electric furnaces provide the technological process in the little oxidizing atmosphere of working space. The construction furnaces and production features, often, do not enable you to efficiently spend electrical energy. Mainly, this is because of the massive lining these furnaces (350–400 mm), and due to the nature of the production of a significant amount of energy spent on preliminary warming up of solid masonry. One of the popular designs of furnaces installed in rolling mills, an electric furnace Chamber resistance (Fig. 1).

How many times is that the fibrous materials have great heat conductivity, which can reduce the heat loss through the masonry. Therefore, you can use various options of fibrous materials.

На машиностроительных предприятиях широко используются электрические печи сопротивления.

В этих печах производится нагрев и термическая обработка, поэтому некоторые электрические печи обеспечивают технологический процесс в малоокислительной атмосфере рабочего пространства. Конструкции печей и особенности производства, зачастую, не позволяют эффективно расходовать электрическую энергию.

В основном это происходит из-за массивной футеровки этих печей (350–400 мм), кроме того, из-за особенностей производства значительное количество энергии тратится на предварительный разогрев массивной кладки. Одной из распространенных конструкций печи, устанавливаемых в прокатных цехах, является камерная электрическая печь сопротивления (рис. 1).

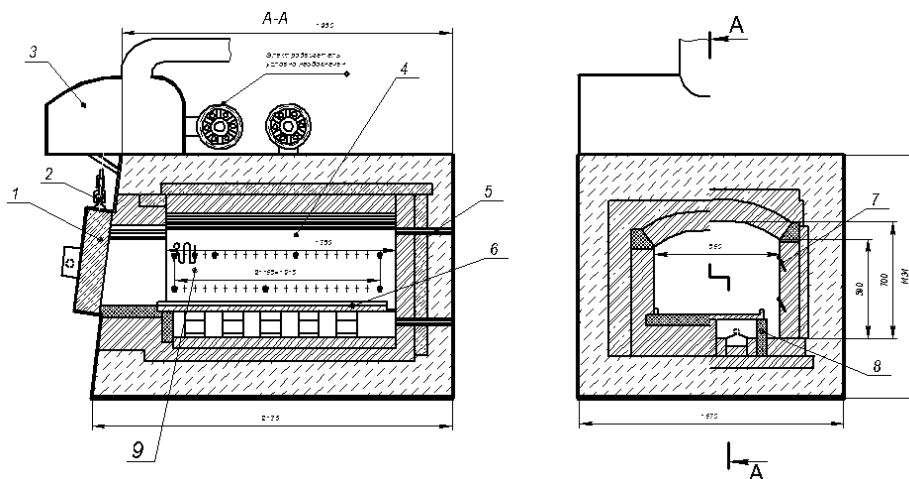


Рис. 1. Камерная электрическая печь сопротивления: 1 – заслонка печи; 2 – механизм подъема заслонки; 3 – аспирационный зонд; 4 – рабочее пространство; 5 – электрический вывод нагревателей; 6 – подовая плита; 7 – держатели нагревателей; 8 – опорные столбики; 9 – нагреватели

Мощность данной печи составляет 51 кВт, номинальная температура 1200 °С. Размеры рабочего пространства следующие: ширина – 850 мм, длина – 1160 мм, высота 598 мм.

Футеровка состоит из: высокоглинозема МЛО-62, корунда легковесного, шамота легковесного ШЛ-0,4, перлитокерамики, карборунда, корвеириита, асбеста. На поду имеются опорные столбики, на которые укладываются подовые плиты. В столбиках предусмотрены пазы для обеспечения циркуляции атмосферы. Подовые плиты сделаны из карборунда.

Нагрев производится нагревателями, расположенными на стенках и поду печи. Нагреватели изготовлены в виде спиралей, надетых на керамические трубки из проволоки сплава суперфехраль (Х23Ю5Т-Н-ВИ). На стенках трубки крепятся по краям в опорных столбиках, а в промежуточных положениях зафиксированы консольными трубками, вмонтированными в футеровку. Нагреватели расположены горизонтально с зазором от боковых стенок, по всей высоте камеры нагрева. Выводы нагревателей выходят в пространство между ограничивающим кожухом и декоративными панелями через уплотняющие устройства.

Многие элементы конструкции печи можно усовершенствовать. Начиная от футеровки печи, также можно использовать различные элементы, которые позволяют как закрепить нагреватели, так и защитить различные устройства для контроля различных показателей печи.

Муллитокремнеземистая вата (рис. 2, а) – эффективный теплоизоляционный материал, который используется в качестве теплоизоляционного и термокомпенсационного материала, а также для изготовления плит, бумаги, различных формованных изделий и т. д. Изготавливается из оксидов алюминия и кремния с последующим образованием волокон методом раздува. Имеет форму полотна, скрученного в рулон. Для повышения температуры применения могут вводиться оксиды хрома. Волокна устойчивы к воздействию температуры в окислительной и нейтральной средах. В восстановительной среде теплоизоляционные свойства снижаются. Каолиновая вата не смачивается жидкими металлами. При повышении температуры до 750–800 °С материал практически не изменяется и не теряет своих свойств.

Жесткие, огнеупорные, высокотемпературные плиты (рис. 2, б) изготавливаются из муллитокремнеземистого волокна с использованием органических и неорганических связующих. Плиты представляют собой прочный, жесткий, хорошо обрабатываемый механическим способом, обладающий высокой упругостью, имеющий большой диапазон рабочих температур и толщин технологичный изоляционный материал.

Для крепления различных элементов в данном случае могут быть использованы, например, керамические винты (см. рис. 2, в) или керамические чашки (см. рис. 2, г).

Керамические винты (см. рис. 2, в) используются для крепления нагревательных элементов в различных электротермических тепловых агрегатах, футерованными модульными блоками из керамического волокна. Данные винты обладают высокой огнеупорностью, электроизоляционными свойствами, стойкостью к тепловому удару, длительным сроком службы. Винты производятся из кордиеритовой керамики или глиноземистых кордиеритовых огнеупоров. Керамический винт имеет следующие характеристики (таблица).



Рис. 2. Волокнистые и керамические материалы: *а* – муллитокремнеземистый рулонный материал марки МКРВ 200 [1]; *б* – муллитокремнеземистая трубка МКР [5]; *в* – керамический винт [3]; *г* – керамические чашки [4]; *д* – плита из керамического волокна марки LYTX [2].

Для крепления матов из керамического волокна используются керамические чашки (см. рис. 2, *г*). Такой тип крепления может быть применен на стенах и подвесных сводах печей с газовым отоплением и электрических печей сопротивления. Керамические чашки имеют следующие характеристики, которые представлены в таблице.

Основные характеристики материалов, представленных выше [2–5]

Конструктивные элементы печи	Массовая доля, %	Огнеупорность, °C	Температура эксплуатации, °C
Плита из керамического волокна	$\text{Al}_2\text{O}_3 > 50$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,7$	1750	1350
Керамические винты	$\text{Al}_2\text{O}_3 - 56$ $\text{SiO}_2 - 36,5$ $\text{MgO} - 6,8$	–	1350
Керамические чашки	$\text{Al}_2\text{O}_3 - 93-95$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,3$	1450	1800
Муллитокремнеземистые трубки МКР	$\text{Al}_2\text{O}_3 < 50$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 0,7$	1750	1350

Для того чтобы защитить термопары и т. д., можно использовать муллитокремнеземистые трубки (см. рис. 2, д).

Трубки муллитокремнеземистые МКР, трубки муллитокремнеземистые с добавкой двуокси циркония (МКРЦ) и корундовые (К) применяются в приборах для определения углерода и серы в металлах и сплавах; для защиты термопар, термоэлектродов и других целей.

В целях рассмотрения целесообразности замены старых материалов на новые был произведен расчет печи, изображенной на рис. 1.

В результате расчета [6] для 6 цилиндрических заготовок с общей массой 300 кг и размерами: длиной 300 мм и диаметром 190 мм, при температуре нагрева 1140 °С производительность печи составила 208 кг/ч, удельная производительность 211 кг/(м<sup>2</sup>·ч), при этом количество тепла, требуемое для разогрева печи, составило 1923 МДж, а время на разогрев печи до рабочей температуры составило 10 часов.

Основными направлениями совершенствования конструкции печи являлась замена кирпичной кладки, изготовленной из материала с большим коэффициентом теплопроводности на муллитокремнеземистый войлок марки МКРВ-200 [7]. Нагреватели крепятся на специальные керамические винты с температурой применения 1350 °С [3]. Они вкручиваются прямо в войлок, поэтому не потребуются каких-то других дополнительных приспособлений.

В результате перерасчета теплового баланса печи и определения количества тепла на разогрев печной футеровки с новым материалом получили следующие показатели: хотя КПД увеличился незначительно, зато уменьшился разогрев печи в 2 раза, в том числе уменьшилось количество теплоты, необходимое на разогрев печи (821 МДж). Также снизились затраты энергии на тепловую обработку металла на 18 %.

Конструкция модернизированной печи показана на рис. 3.

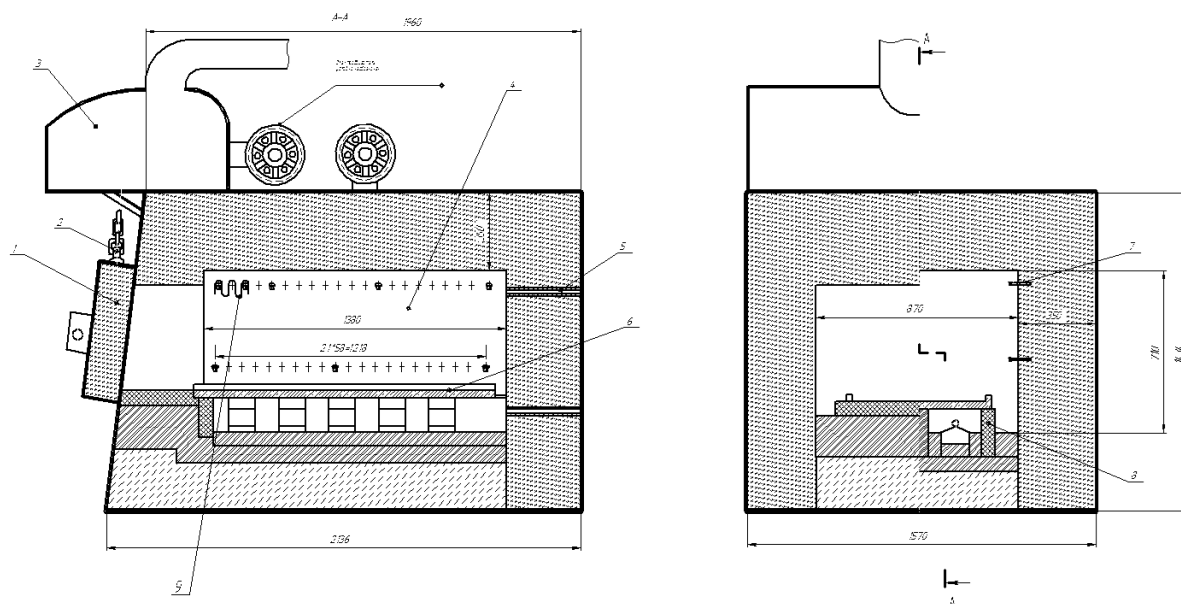


Рис. 3. Модернизированная камерная электрическая печь сопротивления

В условиях прокатных цехов, где эксплуатируется несколько электропечей подобной конструкции, также можно будет получить значительный экономический эффект от снижения энергозатрат в технологическом производстве.

## Список использованных источников

1. <http://www.teplopromproekt.ru/catalog/mullitokremnezemistye-rulonnye-materialy/kaolinovaya-vata/>.
2. <http://www.teplopromproekt.ru/catalog/keramovolokno/plita/>.
3. <http://www.teplopromproekt.ru/catalog/kreplenia/keramicheskii-vint/>.
4. <http://www.teplopromproekt.ru/catalog/kreplenia/keramicheskaya-chashka/>.
5. <http://www.teplopromproekt.ru/catalog/trubki-mkr/>.
6. Киселев Е. В., Кутыин В. Б., Матюхин В. И. Электрические печи сопротивления: учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2010. – 79 с.
7. Советкин В. Л., Федяева Л. А. Теплофизические свойства веществ: учебное пособие. Екатеринбург: УПИ, 1990. – 104 с.

УДК 669.042

**В. М. Васильев, В. В. Курносков**

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский  
технологический университет МИСиС», г. Москва, Россия

## КАМЕРНАЯ ПЕЧЬ С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ РАЗДЕЛЕНИЕМ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ БЕЗОКИСЛИТЕЛЬНОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО НАГРЕВА СТАЛИ

### Аннотация

*В рамках продолжения совместных работ «ЗИО-Подольск» и «НИТУ «МИСИС» в соответствии с постановлением правительства РФ №218 от 09.04.2010 г. был проведен научно-исследовательский эксперимент на камерной печи малоокислительного нагрева «ЗИО-Подольск». Заготовки нагревались в печи с безокислительной атмосферой определенное время. Охлаждение заготовок производилось двумя способами: на воздухе и в воде. Методом непосредственного взвешивания заготовок было произведено определение угара металла. По полученным результатам был сделан вывод, что в данной печи можно производить безокислительный высокотемпературный нагрев.*

*Ключевые слова: угар металла, безокислительный нагрев, защитная атмосфера.*

### Abstract

*In a continuation of joint research "ZIO-Podolsk" and "NUST" MISIS" according to the resolution of the Government of the Russian Federation № 218 from 09.04.2010 was proceeded research experiment on the heating non-oxidizing chamber furnace of "ZIO-Podolsk". Billets are heated in a non-oxidizing furnace atmosphere certain time. Cooling of billets was proceeded in two ways: in the open air and in water. By direct weighing of billets weight of the metal oxide was defined. According to the results, it was concluded that in the furnace non-oxidizing high-temperature heating can be proceeded.*

*Keywords: oxidation of metal, nonoxidizing heating, protective atmosphere.*